

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-284082

(P2003-284082A)

(43) 公開日 平成15年10月3日 (2003.10.3)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テ-コード (参考)

H 0 4 N 9/04
9/09
9/64

H 0 4 N 9/04
9/09
9/64

B 5 C 0 6 5
A 5 C 0 6 6
R

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2003-40007 (P2003-40007)

(22) 出願日 平成15年2月18日 (2003.2.18)

(31) 優先権主張番号 0 8 0 2 3 1

(32) 優先日 平成14年2月21日 (2002.2.21)

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 590000846

イーストマン コダック カンパニー

アメリカ合衆国, ニューヨーク14650, ロ

チェスター, ステイト ストリート343

(72) 発明者 マルセロ デ シー ギマラエス

アメリカ合衆国 ニューヨーク ロチェス

ター ウェスト・スクワイア・ドライヴ

309 アパートメント・2

(74) 代理人 100070150

弁理士 伊東 忠彦 (外2名)

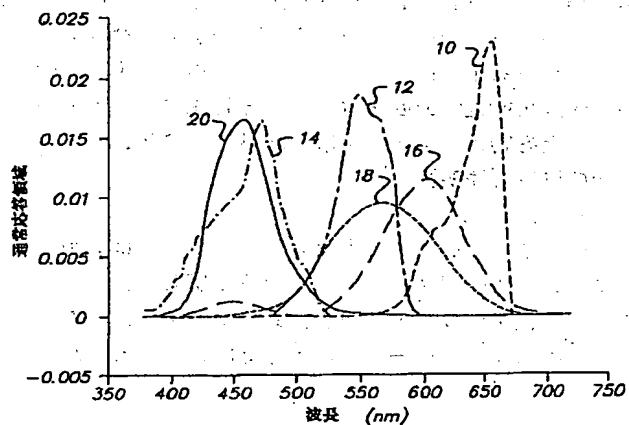
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 正確な電子色捕獲及び再生の装置および方法

(57) 【要約】

【課題】 従来技術によって与えられたよりも良好でより費用効果的な方法で色再生問題これらの問題を解決することである。

【解決手段】 電子捕獲システムは入力画像を別々の色コンテンツに分離し、別々の色コンテンツを、入力画像から複数の色画像信号を発生する画像部へ案内する光学部を含む。人間の視覚システムを示す赤、緑および青の色適合機能をもとにして作られた全ポジティブ対称的システム曲線を提供するために共にカスケードするように、光学部及び画像部のスペクトル応答が選択される。色適合機能は3つの単色光源から派生し、1以上のネガティブローブ同様に、3つより多くないポジティブローブを含み、(a) 全ネガティブローブの和、及び (b) 緑と赤の色適合機能の重なりによって定められる色適合下での領域は、最小化される。色画像信号は、入力画像の正確な色再生を示す色画像信号から出力色画像を作り出す信号-ノイズ実行のために活用された係数を有する色補正マトリックスで処理される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力画像の正確な色再生を生み出す電子色捕獲システムであって、前記システムは、

入力画像を捕獲し、捕獲された画像から複数の色画像信号を発生する画像部であって、当該画像部のスペクトル応答を定める予め定められたスペクトル感光度を備える当該画像部と、

入力画像を別々の色コンテンツに分離し、画像部へ別々の色コンテンツを案内する光学部であって、当該光学部のスペクトル応答を定める特別なスペクトル特徴を備える光学部であって、

光学部および画像部のスペクトル応答は選択され、人間の視覚システムを示す赤、緑および青の色適合機能をもとにして作られた全ポジティブ対称的システム曲線を提供するために共にカスケードし、前記色適合機能は3つの単色光源から派生し、1以上のネガティブローブ同様に、3つより多くないポジティブローブを含み、(a) 全ネガティブローブの和、及び(b) 緑と赤の色適合機能の重なりによって定められる色適合下での領域は、最小化され、

入力画像の正確な色再生を示す色画像信号から出力色画像を作り出す信号-ノイズ実行のために活用された係数を有する色補正マトリックスを含む処理器を含むことを特徴とする電子色捕獲システム。

【請求項2】 処理器によって適用される色補正マトリックスは、(a) 色画像信号および人間の視覚システムの間の色相違と(b) 色画像信号における信号ノイズのレベルとによって選択されるマトリックス係数を含むことを特徴とする請求項1記載のシステム。

【請求項3】 (a) 最小化された全ネガティブローブの和、及び(b) 最小化された緑と赤の感光度曲線によって定められるように、色適合下での領域は、出力色画像中で最大可能性色範囲が維持される要求によって強いられることを特徴とする請求項1記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、一般的には動画シーケンスの電子捕獲及び処理の分野に関し、より具体的には、現在可能な電子的及び伝統的な捕獲装置によって提供されるよりも正確な色再生のための方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 動画産業では、様々な技術およびシステムが現在、シーン(光)の捕獲において用いられている。基本的には、3つの別個の部類の捕獲システムが、画像の起源、即ち、伝統的な動画フィルムシステム、電子的システム、および両システムの組み合わせ(例えば、混成システム)に使用されている。電子的又は混成システムが画像の起源のために選ばれた場合は、それらが表示される前に、画像へのある種類の処理が適用さ

れることが通常の実務である。多くの場合、画像処理は、「フィルム・ルック」に似せるために行われ、表示されたときに、あたかもそれらがフィルムに最初から捕獲されたように電子的に始められた画像が知覚される。例えば、米国特許4,935,816(Method And Apparatus For Video Image Film Simulation)及び米国特許5,475,425(Apparatus And Method For Creating Video Outputs That Emulate The Look Of Motion Picture Film)のように、従来技術における幾つかの例には、「フィルム・ルック」をまねることを試みた電子捕獲装置および方法が示されている。

【0003】 伝統的なフィルムシステムは、過去数十年において動画制作の多くで使用されていたため、「フィルム・ルック」は多くの電子的アプリケーションにおいて望ましいルックとして選ばれていた。一般的には、フィルムシステムによって捕獲された画像は、「オリジナル・シーン」コントラスト及び測色とは幾分異なっている。この不一致は、色適合機能のセットによって一般に示される人間の視覚システムと、化学的画像処理との関連で使用されるフィルムのスペクトル感光度曲線のセットとの間のスペクトルの相違に由来するものである。図1は、この点を、特別な光源のためにバランスされた曲線の2つの対を共通してプロットして図示しており、曲線10、12及び14は夫々赤、緑及び青のフィルム応答を示しており、曲線16、18及び20は、人間の視覚システムに対応するプライマリ

【0004】

【外1】

$$\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$$

のセットに対する1931CIE(Commission Internationale De L'Eclairage)カラーマッチング機能を示している。従って、人間の視覚システムと同様の仕方で光を知覚する捕獲システムは、高測色再生正確性の可能性を提供する。人間の視覚システム(HVS)及び伝統的なフィルムシステムの間の相違の量を定めることを可能とするために、測色及び画像シーンの考えを二、三簡単に説明する。

【0005】 もし、表面(対象)が、可視光の波長値を λ で表したときの機能 $Ref(\lambda)$ に従った光を反射したときに、この対象は、 $Ref(\lambda)$ によって与えられたスペクトル反射を備える。従って、対象から反射され特定の捕獲システムによって捕獲された光の量を定めるために、以下の追加的要素が説明されなければならない。

・ 1(λ): 対象を照らすために使用される光源のスペ

クトルパワー分布

・ $SR_c(\lambda)$: 捕獲装置に的確なスペクトル応答曲線。捕獲システムにおいて c は、異なる「光チャンネル」を示す。人間の視覚システム又はフィルムシステムの場合は、 c は3つの値、赤(r)、緑(g)又は青(b)の夫々であると推測される。

数学的には、これらの要素は以下のように関連付けられる。

【0006】

【数1】

$$R = k_r \cdot \int_{\lambda=\text{visible}} SR_r(\lambda) \cdot I(\lambda) \cdot \text{Ref}(\lambda) d\lambda \quad \text{式1a}$$

$$G = k_g \cdot \int_{\lambda=\text{visible}} SR_g(\lambda) \cdot I(\lambda) \cdot \text{Ref}(\lambda) d\lambda \quad \text{式1b}$$

$$B = k_b \cdot \int_{\lambda=\text{visible}} SR_b(\lambda) \cdot I(\lambda) \cdot \text{Ref}(\lambda) d\lambda \quad \text{式1c}$$

式1a、1b、及び1cにおいて、定数 k_r 、 k_g 、 k_b は標準化目的のために使用され、積分は、可視光に対応する波長値領域を越えて実行される。本発明の目的のために、可視光を示すために使用される波長値(λ)は、範囲 $380\text{nm} \leq \lambda \leq 720\text{nm}$ によって与えられる。 SR_r 、 SR_g 、 SR_b が夫々カラーマッチング機能のセット(例えば、

【0007】

【外2】

$$\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$$

)を示す場合は、値 R 、 G 及び B は三刺激値と呼ばれ、夫々、 X 、 Y 及び Z によって示される。 SR_r 、 SR_g 、 SR_b がフィルムシステムのスペクトル応答セットを示す場合は、値 R 、 G 及び B は共通して相対的露出値、又は単純に相対的露出と呼ばれる。何れの場合でも、値 R 、 G 及び B は、対象から離れて反射され捕獲システムに入る赤、緑及び青の光の中身の計測を提供する。これらの値は、以下の式によって分数量へ変換することができる。

【0008】

【数2】

$$r = \frac{R}{R+G+B} \quad \text{式2a}$$

$$g = \frac{G}{R+G+B} \quad \text{式2b}$$

$$b = \frac{B}{R+G+B} \quad \text{式2c}$$

当業者は、 r 、 g 及び b を色度座標として呼ぶ。式2a、2b及び2cから以下が明らかである。

【0009】

【数3】

$$r+g+b=1 \quad \text{式3}$$

色度図は、そのセットにおける各色に対してある色度座標対別の色度座標(この例では g 対 r)をプロットすることによって色の如何なるセットを特徴づける。色度図が、電磁的スペクトラムの視覚部分において全ての単色的光源に対応する点を表示する場合は、形成された図は全ての物理的に実現できる色を包含し、それはスペクトル軌跡と呼ばれる。2つの別の捕獲を特徴づける色度図の比較は、各画像システムの色再生特性に関する重要な情報をもたらす。

10 【0010】特別な写真システムの色正確性は、そのシステムがHVSにどのくらい接近して適合するかに従って定められる。この適合は、 N パッチを包含する診断的カラーパッチセットに対する平均CIE(Commission Internationale De L'Eclairage)1976($L^*a^*b^*$)色相違

【0011】

【外3】

$$(\overline{\Delta E_{ab}})$$

20)の計算結果によって計測される。(望ましいセットは、米国特許第5,582,961号のアベンディックスAに開示されている診断的カラーパッチであり、それを参照されたい。このセットのテストカラーは、10nm増加で明記された周知のスペクトル反射の190エントリーから成り、上記アベンディックスに示されている。)

【0012】

【外4】

$$\overline{\Delta E_{ab}}$$

は式4に従って計算される。

【0013】

【数4】

$$\overline{\Delta E_{ab}} = \frac{\sum_{i=1}^N \Delta E_{ab,i}^*}{N} \quad \text{式4}$$

各パッチに対する色相違、即ち、

【0014】

40 【外5】

$$\Delta E_{ab,i}^*$$

は、各パッチに対する1976CIE($L^*a^*b^*$)—空間(CIELAB空間)座標と写真要素によって捕獲された露出信号の変換に対応する1976CIE($L^*a^*b^*$)—空間座標との間で計算されている。

【0015】

【数5】

$$\Delta E_{ab,j} = \sqrt{(L_{TPS,j}^* - L_{HVS,j}^*)^2 + (a_{TPS,j}^* - a_{HVS,j}^*)^2 + (b_{TPS,j}^* - b_{HVS,j}^*)^2} \quad \text{式5}$$

T.P.Sは「変換された写真システム」であり、H.V.Sは「人間視覚システム」である。式5で用いられる(L^* , a^* , b^*)座標は以下の如く計算される。

【0016】

【数6】

$$L_{HVS,j}^* = 116 \cdot \sqrt{\frac{Y_j}{Y_n}} - 16 \quad \text{式6a}$$

$$a_{HVS,j}^* = 500 \cdot \left[\sqrt[3]{\frac{X_j}{X_n}} - \sqrt[3]{\frac{Y_j}{Y_n}} \right] \quad \text{式6b}$$

$$b_{HVS,j}^* = 200 \cdot \left[\sqrt[3]{\frac{Z_j}{Z_n}} - \sqrt[3]{\frac{Y_j}{Y_n}} \right] \quad \text{式6c}$$

【0017】

【数7】

$$L_{TPS,j}^* = 116 \cdot \sqrt{\frac{G_j}{Y_n}} - 16 \quad \text{式7a}$$

$$a_{TPS,j}^* = 500 \cdot \left[\sqrt[3]{\frac{R_j}{X_n}} - \sqrt[3]{\frac{G_j}{Y_n}} \right] \quad \text{式7b}$$

$$b_{TPS,j}^* = 200 \cdot \left[\sqrt[3]{\frac{B_j}{Z_n}} - \sqrt[3]{\frac{G_j}{Y_n}} \right] \quad \text{式7c}$$

三刺激値及び露出値 X_i 、 Y_i 、 Z_i 、 G_i 、 B_i は式1a、式1b、式1cに従って計算される。また、値 X_i 、 Y_i 、 Z_i は、色補正マトリックスの原因になってもならなくてもよい。値 X_n 、 Y_n 、 Z_n は、使用された光源の三刺激値に対応する。

【0018】

【外6】

$$\overline{\Delta E_{ab}}$$

の低い値は、変換された写真システムのためのより高い色正確性を示している。

【0019】色再生正確性の問題は、Giorgianni et al. の米国特許第5,582,961号 (Photographic Elements Which Achieve Colorimetrically Accurate Recording) 及び米国特許第5,609,978号 (Method For Producing An Electronic Image From A Photographic Element) で指摘されている。これらの特許で、Giorgianni et al. は、式1乃至式7に示された基準のみならず変換マトリックスによって導入されたノイズレベルの量を定めるパラメータに基づく1931CIE色適合機能に対する商業的に利用可能な色ネガティブフィルムをベンチマークしている。実行された比較は、実際のシーンとフィルムシステムにおけるこれらのシーンの再

生との間の色度正確性の欠如を論証している。Giorgianni et al. は、光に対する人間の視覚応答に近似して光に応答する伝統的な写真要素を示している。これは、形状において色適合機能に近似した感光度曲線を備えた光感光度記録を有することによって達成される。写真要素を化学的に処理した後に、画像コンテンツは走査装置を介してコンピュータへ伝達される。コンピュータでは、信号が最終的に表示装置に送られる前に、マトリックスが更なる改良色再生正確性の意図をもった画像信号へ適用される。電子捕獲システムは如何なる化学処理又は走査を要求せず、上述の方法を実行して伴う費用を顕著に低減するため、色適合機能を擬似した応答曲線を備えた電子捕獲システムは、上述の米国特許第5,609,978号に示されているシステム以上に高効果的である。

【0020】従来技術の写真システム及び一般的な捕獲装置に関連する第2の制限は、これらのシステムによって捕獲され得る全部の色に関係する。図2A及び図2Bは、2つの別個の捕獲システム、即ち、典型的な動画色ネガティブフィルム及び典型的な高鮮明度ビデオカメラ (HD Video Rec. 709) の実行を評価している。図2Aは、1931CIE色適合機能によって計算された三刺激値に関連し、色ネガティブフィルム応答曲線の典型的なセットで計算された赤、緑及び青露出値に対する露出誤差曲線22、24及び26を示している。赤、緑及び青誤差は停止してy軸上で計測されている。x軸上における各点は、上述の米国特許第5,582,961号のアペンディックスAで示されている190パッチの1つに対応する。水平直線28及び30は夫々+0.5停止及び-0.5停止誤差レベルであり、水平直線32及び34は夫々+1/6停止及び-1/6停止誤差レベルである。図2Bは、同じ露出比較を実行したものであり、1931CIE色適合機能によって計算された三刺激値に関連し、典型的な高鮮明度ビデオカメラのために計算された赤、緑及び青露出値に対する露出誤差曲線36、38及び40を示している。両方の場合で、露出値R、G及びBと、式1a、1b及び1cに従って計算された三刺激値X、Y及びZが与えられて、光源として選択されたタングステン華氏3200度を用いて、赤、緑及び青誤差が、式8a、8b及び8cに従って夫々計算されている。

【0021】

【数8】

$$Error_R = \frac{1}{\log_{10}(2)} \cdot \log_{10}\left(\frac{R}{X}\right) \quad \text{式 8a}$$

$$Error_G = \frac{1}{\log_{10}(2)} \cdot \log_{10}\left(\frac{G}{Y}\right) \quad \text{式 8b}$$

$$Error_B = \frac{1}{\log_{10}(2)} \cdot \log_{10}\left(\frac{B}{Z}\right) \quad \text{式 8c}$$

図2 A及び図2 Bは、フィルムシステム又はビデオカメラによって捕獲されたときに、幾つかのパッチは大きな誤差値を含んでいることを示している。これは、フィルム画像捕獲システムよりもビデオのために少ない全範囲において、人間の視覚システムによって区別され得る大きな数の色が何れかのシステムによって正確に捕獲され得ないことを暗示している。従って、現在可能なものよりも大きな色全範囲を備えた電子捕獲装置がかなり望ましい。

【0022】第3の問題は、特に従来技術における周知の電子又は混成捕獲装置に対し、画像信号の処理の間において導入されたノイズレベルに関連する。画像処理経路中で実行される作動の多くは、画像信号を入力するために、マトリックス及び／又はルックアップテーブル

(LUTs)の適用を伴う。動画産業に関連する適用における画像データの量は一般的にとでも大きいため、ルックアップテーブルは集中的なコンピュータパワーを要求する。マトリックスは、殆どコンピュータ的に集中ではない。何れの方法も、オリジナル信号に対し考慮できるノイズを導入することができる。マトリックスにとって、導入されたノイズのレベルは、使用された係数の大きさによる。

【0023】前の段落で述べられた色再生及びノイズ問題は、以下の特徴を備えた電子捕獲装置に対する必要性に向けられる。

- ・ 視覚的RGB色適合スペクトル応答のセットに関連する露出を捕獲するスペクトル感光度曲線のセット
- ・ 現在可能な技術に基づく電子ビデオ捕獲装置及び伝統的な写真システムによって提供されるものより上位の色全範囲
- ・ 低い閾値に対して導入された信号ノイズのレベルを制限する画像処理経路

米国特許第5,668,596号(1997年9月16日に発行されたR. M. Vogelの「Digital Imaging Device Optimized for Color Performance」)において、特許権者は、カメラの全スペクトル感光度が、直線3×3変換を通じて人間の目のスペクトル応答から得られ得る全てのポジティブ色適合機能のセットにตอบสนองすることが望ましいと認識している。これらの要求が満たされれば、人間観察者と同じように多くにおいてシーン中の色情報をはっきりと認めることができるであろう。この目的を達成することを失敗することは、色再生誤差という結果をもたらすであろう。従って、Vogel

1は、スペクトル応答曲線と色補正マトリックスの所定の組み合わせによって色再生のための捕獲装置を活用している。このように、大きな色再生正確性が、全ポジティブ色適合機能の後に作られたスペクトル応答曲線と色補正マトリックスとのセットの組み合わせによってデジタルカメラにおいて得られる。色補正マトリックス係数は、画像センサ、受動光要素及び光源の独特の組み合わせのための色再生の活用を提供するために計算されている。

【0024】

【特許文献1】米国特許第4,935,816号

【特許文献2】米国特許第5,475,425号

【特許文献3】米国特許第5,582,961号

【特許文献4】米国特許第5,609,978号

【特許文献5】米国特許第5,668,596号

【特許文献6】米国特許第6,269,217号

【特許文献7】米国特許出願第09/082,956号

【非特許文献1】The Theory of the Photographic Process, Fourth Edition, New York: Macmillan Publishing Co., 1997, pp. 561-577

【非特許文献2】Optimization of Camera Spectral Sensitivities, S. Quan, N. Ohta, and N. Katoh (IS&T/SID Eighth Color Imaging Conference, 2000), pp. 273-278

【発明が解決しようとする課題】従来技術における努力にも拘らず、上述の色再生問題を解決することの方法を提供する改良された方法及び捕獲システムの必要性が残っていた。特に、従来技術によって与えられたよりも良好でより費用効果的な方法でこれらの問題を解決する必要がある。

【0025】本発明は、上述の1以上の問題を解決することを目的とする。

【0026】

【課題を解決するための手段】短く本発明を要約すると、本発明のある面によれば、電子色捕獲システムは、画像から複数の色画像信号を発生し、スペクトル応答を定めるスペクトル感光度を予め定める画像部と、画像を別々の色コンテンツに分離し画像部へ別々の色コンテンツへ案内し、スペクトル応答を定める特別なスペクトル特徴を備える光学部とを含む。光学部および画像部のスペクトル応答は選択され、人間の視覚システムを示す赤、緑および青の色適合機能をもとにして作られた全ポジティブ対称的システム曲線を提供するために共にカスケードする。色適合機能は、3つの単色光源から派生しており、1以上のネガティブローブ同様に、3つより多くないポジティブローブを含み、(a)全ネガティブロ

ープの和、及び(b)緑と赤の色適合機能の重なりによって定められる色適合下での領域は、最小化される。色画像信号は、入力画像の正確な色再生を示す出力色画像を作り出す信号—ノイズ実行を活用する係数を有する色補正マトリックスによって処理される。

【0027】これらの及び他の面、目的、特徴および効果は、後述する本発明の実施形態および図面から一層明らかになるであろう。

【0028】

【発明の実施の形態】電子センサを用いた画像装置は周知であるので、本発明に従った装置及び方法の一部を形成する又はより直接的に協動する要素を以下で説明する。図示又は説明していない要素はこれらの周知の技術から選択することができる。説明されるべき実施形態のある面はソフトウェアに備えられてもよい。以下の材料中で本発明に従って示され記載されたシステムが与えられ、特に示され記載され提案されていないが本発明の実行に有的なソフトウェアは、伝統的であり、そのような技術における通常の技術である。この説明は、本発明に従って使用される応答曲線の特徴と同様に、現在の発明に従った光経路及び高色再生正確性から成り、高色再生正確性を得るために信頼できるキー特有の要素に焦点をあてている。一般的に、電子捕獲システムに共通のこの発明の面は、当業者によって良く理解されており、更なる説明を必要としない。

【0029】本発明によれば、電子捕獲システムは、色再生において最大正確性を得るために特に設計されたスペクトル応答曲線及び画像処理要素によって提供される。本発明中で説明される電子捕獲装置のスペクトル応答曲線及び画像処理経路の設計のために実行される方法は、以下の目標を有するものである。

- ・色再生における高正確性の獲得
- ・画像処理経路におけるマトリックス作業によって導入されるノイズの最小化
- ・表示全範囲を活用する色—プライマリの選択
- ・低コストで物理的装置で実行され得る機能を有するスペクトル応答曲線の定義
- ・3つのチャンネル(赤、緑、青)の夫々における光配分の活用

従来技術において、上述の5つの点の幾つかを調査することは知られている。例として、上述の米国特許5,669,596では、より大きな色再生正確性が、全ポジティブ色適合機能及び色補正マトリックスの後に作られたスペクトル応答曲線のセットの組み合わせによって、デジタルカメラにおいて得られている。しかしながら、開示された技術は、センサの赤光感光度及び緑光感光度の間における最適捕獲効率を許容し、色適合機能の後に作られたスペクトル応答曲線固有の問題である光配分の問題を考慮していない。この問題を考慮しないことは、赤チャンネル及び緑チャンネルの間の大きなスペクトル

重なり領域に起因して、赤チャンネル及び緑チャンネルにおいて色再生正確性と応答の損失との間に存在するトレードオフを超えた制御の望ましくない欠如へと導かれる。

【0030】その結果、従来技術では、5つの問題全ての解決を同時に行うことは出来なかった。望ましい実施形態で開示された5つの問題全てに対する統一された解決は、現在の電子的および伝統的な捕獲システムで示された弱点を解決するものである。

【0031】図3は、静画又は動画の何れかにおける電子捕獲装置100を示しており、従って、装置100は、静画又は動画カメラとして設けられてもよい。捕獲装置100は、光学フィルタ配列112を介して色選択ビームスプリッタ114へ伝達される画像を形成するレンズ111を含む光学部110を含む。ビームスプリッタ114は、例えば、入力ビーム116を夫々のカットオフフィルタ124、126、128を通じて案内されるスペクトル的に分離された3つの色ビーム118、120、122に分離する二色層114aを含む。光学部100によって出力された(カットオフフィルタ130、132、134によって出力された)濾過された光ビームは、3つの別々の画像センサ130、132、134を含む画像部へ案内される。画像センサは、伝統的には、電荷結合素子(CCD)又はCMOS装置の如き単色電子装置である。各センサは、センサに投射する色光ビームの強度に対応するアナログ色信号を生産する。センサ130、132、134からの夫々のアナログ色信号は、アナログ—デジタル(A/D)変換器によってデジタル信号へ変換され、画像処理ユニット138へ適用される。そして処理された画像信号は、記憶ユニット140に記憶される。全構成部分は画像捕獲装置又は電子色画像捕獲システムの部分とみなしてもよいが、画像処理ユニット138及び記憶ユニット140のようなある構成部分は、物理的にレンズ及びセンサを具現化するデジタルカメラから分離してもよい。

【0032】動作において、光源142からの光は、目標144から電子捕獲装置100へ反射される。反射された光は、レンズ111及び光学フィルタ112の最初の配列を介して伝達され、光学フィルタ112は、選択的に、望ましくは赤外フィルタ112a及びブルーライトフィルタ112bを含む。濾過された光は、光スプリッタ114を横断し、光スプリッタ114は、入力光の緑コンテンツが画像センサ132を通過し、赤コンテンツが画像130を通過し、青コンテンツが画像134を通過するように設計された伝達及び反射特性を備える。光学フィルタ124、126及び128は、夫々、ビームスプリッタ114と画像センサ130、132及び134の間に位置され、夫々の光ビームのスペクトル特性をカスタマイズする。特に、ビームスプリッタ114と光学フィルタ124、126及び128との伝達曲線は、夫

々の画像センサ及びレンズ111及び光学配列112の如き光学システム110の他の要素のスペクトル応答によって修正されるように、カスケードした光学要素の全効果が、特に「白」（例えば、色温度）光源が図4において示されたRGBシステム応答曲線150、152及び154によって与えられたフィルタ化と均等であるように設計されている。例えば、赤システム応答曲線154は、実質的に、ビームスプリッタ114の赤スペクトル応答の連結および画像センサ130のスペクトル応答による光学フィルタ124のスペクトル形状と均等であり、他の曲線もそうである。光がセンサ130、132及び134に集められた後、アナログ画像信号が形成され、A/D変換器136によってデジタル画像信号へ変換される。画像処理ユニット138では、色補正マトリックスはデジタル画像信号に適用され、そして記憶ユニット140中に記憶される。

【0033】図3は、本発明によるキー構成部分の代表的で物理的な形状を図示したものである。本発明のほかの画像捕獲形状も可能であり、例えば、例で示した3つのセンサに対するように、二重又は単一の光センサに基づく形状も当業者に実行されるであろう。例えば、画像部は単一の画像センサから成ってもよく、色フィルタ化は、画像センサの前又は表面に位置されたモザイク色フィルタによって提供される。モザイクフィルタは、画像光を色コンテンツへ分離する個々のフィルタ要素を備える。光部のスペクトル応答は、モザイクフィルタのフィルタ特性および画像光の経路中にあるだろう他の光学要素の光学特性を含む。

【0034】図4に示すシステム応答曲線は、この発明を特徴づけるスペクトル応答曲線に対応する色適合機能に接近している。The Theory of the Photographic Process, Fourth Edition, New York: Macmillan Publishing Co.,

1997（特に、F. Clapperのpp. 561-577の19章、セクション11、参照）では、著者は、色適合機能のセットに最も対応する（写真フィルムのための）全ポジティブスペクトル感光度曲線の発見の重要性を論じている。Clapperは更に、実際のスペクトル感光度と最も近い色適合機能との間の相関係数である品質要因（q）を発生する方法を説明する。品質要因（q）は、0.0と1.0との間で様々であり

（1.0が完全適合であり、理論的に0.0が極めて貧弱な相関である）、記事（567-568頁）において数学的に定められ、方法は、高いq値を産み出す全ポジティブスペクトル感光度曲線のセットを探すために用いられる。当業者は、q値を見積もるためのClapperの技術、更にはその詳細は、The Theory of the Photographic Process, Fourth Editionの19章にお

いて理解できることが強調される。

【0035】Clapperは、1セット以上の曲線が同じ高品質要因を備え、その性能は全く異なると指摘する。換言すれば、質要因は数学的相関係数として解釈されるべきで、捕獲曲線のためのスペクトル応答曲線のセットを定める処理における良好な判断なしに使用されるべきではない。Clapperの結果から観察される別の重要な点は、赤光および緑光の感光度曲線の重なり、又は単純化すれば赤および緑の曲線の重なりに関連する。高品質要素値を備えた応答曲線のセットは、必然的に、電子捕獲装置がそのような応答セットと共に建てられた場合は実施および費用効率の問題を課す赤および緑の曲線の広範囲重なりを要求する。

【0036】本発明によるスペクトル応答曲線のセットから最適色再生を得るために、スペクトル応答曲線（図4に示されている）は、以下の基準に合致する色適合機能（図5に示されている）のセットの後に作られる。

・色適合機能は、3つの単色光源から引き出され、その結果、ポジティブ領域と同様にネガティブ領域（ロープ）を含む。おそらく、ポジティブ領域は3つ以上でないロープを含む。

・全ネガティブロープの和によって定められる曲線下の領域は最小化される。

・緑光および赤光の感光度曲線の重なりによって定められる曲線下の領域は最小化される。

・単色の色プライマリの選択は、以前の基準が合致され、色度図に示されるこれらのプライマリによって包含される色全範囲が最大化される。

【0037】3つの色プライマリを定める波長値の選択は、使い尽くされた技術の拡張的使用によって実行され、実質的に全可能な値のセットが試された。以下の範囲の波長値で繰り返された。

【0038】

【数9】

$$620nm \leq \lambda_R \leq 660nm$$

$$510nm \leq \lambda_G \leq 550nm$$

$$440nm \leq \lambda_B \leq 470nm$$

図5は、最大可能な色全範囲を備えることによって課された制約下で、ネガティブロープ領域及び赤及び緑の重なり領域の最小の和に対応する色適合機能セットを描いている。曲線は、タングステン華氏3200度光源で色バランスされており、色プライマリの対応する波長値は以下の如くである。

【0039】

【数10】

$$\lambda_R = 650nm$$

$$\lambda_G = 530nm$$

$$\lambda_B = 460nm$$

対応する色度図が図6に示され、図4に示されるスペクトル応答曲線を実行する図3に示される画像捕獲装置100の色全範囲を示すポイントの位置200を示している。この全範囲は、例えば全物理的に認識可能な色のスペクトル位置の如き、純スペクトル色の位置に対応する点の位置210と比較され得る。

【0040】画像捕獲システムの光学的コンポーネントは、与えられた画像システムに対するスペクトル感光度曲線の形を決める責務を負っている。S. Quan, N. Ohta, and N. Katoh (IS&T/SID Eighth Color Imaging Conference, 2000) による「Optimization of Camera Spectral Sensitivities」において、複数の機能が、所望の光学フィルタのために使用され、与えられた画像システムのためのスペクトル感光度曲線の形を決める責務を負っている。選択された数学的モデルに拘らず、実務的なシステムは、僅かな数のパラメータを備えた平滑で非ネガティブ機能を要求することが強調されている。特に、実行できるシステムは、各フィルタが5つより大きくない数のパラメータを備えることを要求する。発行物によれば、スペクトル感光度曲線のセットは、これらのフィルタのための数学的モデルを提供する機能において課された良好性の予め定められた計測を最大化することによって設計される。特に、3つの立方体のスプライン機能のセット及びガウスの和から成る機能のセットがテストされた。記事を通じて、Quantal は、平滑で、非ネガティブで、僅かな数のパラメータで特徴付けられた機能の観点から「最適」応答曲線を作ることに焦点をあてている。しかしながら、赤および緑応答曲線の重なり領域を最小化するための特別な努力は図られていない。本発明の場合、3つの全ポジティブで対称的な、特にガウスの曲線のセットが、独特の色プライマリ λ_R 、 λ_G 、 λ_B のセットとの関連する色適合機能を作るために選択される。調節可能なゲイン要因から離れて、ガウス曲線($F_k(\lambda)$)の夫々は、以下の式に示されるように2つのパラメータで表される。

【0041】

【数11】

$$F_k(\lambda) = e^{-\frac{(\lambda - \lambda_k)^2}{2\sigma_k^2}} \quad \text{式9}$$

ここで、 k は3つのチャンネル(r 、 g 、 b)の夫々を示し、

【0042】

【外7】

$$\lambda_k$$

はチャンネル k に対応するガウス曲線の平均値であり、 σ_k はチャンネル k に対応する標準偏差である。以下の

パラメータのセットは、色適合機能の照準セットに最も適合するガウス曲線のセットを定める。

【0043】

【数12】

$$\bar{\lambda}_R = 600nm$$

$$\bar{\lambda}_G = 550nm$$

$$\bar{\lambda}_B = 450nm$$

$$\sigma_R = 75nm$$

$$\sigma_G = 65nm$$

$$\sigma_B = 60nm$$

本発明によって示される電子捕獲システムを特徴づける図4に示されるシステム応答曲線は、別々のスペクトル感光度及び/又はスペクトル伝達及び/又は本発明の光学的経路で示される如何なる光学的要素(レンズ、プリズム、フィルタ、電子的センサ等)のスペクトル反射曲線をカスケードすることによって得られる。本発明の望ましい実施形態の部分である如何なる光学的フィルタは、スペクトル伝達曲線によって設計され、本発明の部分である全ての光学的要素をカスケードすることが、同一のスペクトル応答曲線のセットへ、調節可能なゲイン要因から、

【0044】

【外8】

$$\bar{\lambda}_R, \bar{\lambda}_G, \bar{\lambda}_B$$

、 σ_R 、 σ_G 、 σ_B 、によって描かれるガウス曲線へ対応する。

【0045】補正マトリックスは、本発明の画像処理経路(画像処理ユニット138)中に置かれる。色適合機能の照準セットと本発明を特徴づけるスペクトル応答曲線のセットとの間の適合は、補正マトリックスを備えた

【0046】

【外9】

$$\bar{\lambda}_R, \bar{\lambda}_G, \bar{\lambda}_B$$

、 σ_R 、 σ_G 、 σ_B 、によってパラメータされたガウス曲線の特徴的組み合わせによって最適化される。3×3補正マトリックスの9つの係数が設計され、2つの誤差計測パラメータが最小化される。式4に定められるように、第1のパラメータは

【0047】

【外10】

$$\overline{\Delta E_{ab}}$$

から成る。第2のパラメータ

【0048】

【外11】

$$\Psi_N$$

は、補正マトリックスによって導入された信号ノイズのレベルを計測する。一般的な補正マトリックス M_{cor} は、式13のように表される。

【0049】

【数13】

$$M_{cor} = \begin{bmatrix} m_{1,1} & m_{1,2} & m_{1,3} \\ m_{2,1} & m_{2,2} & m_{2,3} \\ m_{3,1} & m_{3,2} & m_{3,3} \end{bmatrix} \quad \text{式10}$$

パラメータ

【0050】

【外12】

Ψ_N

は、露出信号を伝達するマトリックス M_{cor} 、中での各列の要素の二乗の和の平方の和として定められる。数学的には、このパラメータは、式14のように示される。

【0051】

【数14】

$$\Psi_N = \sum_{j=1}^3 \sqrt{\sum_{i=1}^3 m_{i,j}^2} \quad \text{式11}$$

ここで、 i 及び j は、 M_{cor} の要素の列及びコラム数を夫々示している。(このパラメータ

【0052】

【外13】

Ψ_N

はノイズゲイン要因と関連しており、詳細は上述の米国特許第5,609,978を参照されたい。)

上述の米国特許第5,582,961号のアベンディックスA中に記載されている

【0053】

【外14】

ΔE_{ab}

及び

【0054】

【外15】

Ψ_N

の計算に使用される診断的パッチセットは190のパッチを含み、選択的中立パッチと同様に、多種の色調および彩度を包含する。全190パッチに対する1931CIE三刺激値が上述のアベンディックスAに表示される。タングステン華氏3200度が光源として使用された。計算のために、光源は、華氏3200度の色温度において黒体の適切に調整されたスペクトルパワー配分曲線によって示された。夫々スペクトル伝達及びスペクトル感光度曲線によって示された複数のレンズ及び電子画像センサが、

【0055】

【外16】

ΔE_{ab}

と

【0056】

【外17】

Ψ_N

の計算に使用され、その結果の表が形成された。このような結果に基づき、本発明における実績は以下のように特徴付けられる。

【0057】

【数15】

$\Delta E_{ab} \leq 2.5$

$\Psi_N \leq 3.5$

本発明は、好ましい実施形態によって説明されてきた。しかしながら、本発明の範囲内で、当業者は変更することができる。例えば、ビームスプリッタ114は、センサ130、132及び134の間で異なる波長範囲を分離する装置および形状の変化によって実行されてもよい。このような形状は、単一のセンサの分離された色コンテンツの画像光を案内する技術を含み、例えば、単一のセンサ又は単一のセンサ内の異なる色選択層を重ねる色フィルタ配列(CFA又はモザイク)の如きセンサによって不可欠に形成された「ビームスプリット」機能は、色選択構成要素によって実行されてもよい。

【0058】

【発明の効果】本発明は、従来技術における技術及び装置よりも幾つかの効果を示すものである。現在の電子捕獲システムよりも1つの有利な点は、色捕獲の正確性であり、これは、人間の視覚システムとスペクトル応答曲線と本発明において使用される補正マトリックスの独特のセットとの間の適合の結果である。これは、如何なる「望ましいルックス」がないときの、例えば動画特別効果のような高正確性色捕獲を要求するこれらの適用に対する効果を備える電子画像捕獲系を暗示する。別の大きな効果は、捕獲装置の提案された物理的設定に関連し、これは、赤および緑のチャンネルの光強度配分のために最適化された光フィルタのセットを利用する(露出最適化)。要求された補正マトリックスを作るための高信号-ノイズを維持するための基準は、画像の高品質再生のために望ましい。これらの効果は、高正確性色度捕獲および再生のみならず、全信号-ノイズ実行における改良を備える実現可能なシステムを提供する。

【図面の簡単な説明】

【図1】人間の視覚システムに対応する1931CIEによって共通してプロットされた周知の動画フィルムのスペクトル感光度曲線の典型的なセットを示す図である。

17

【図2 A】 1931 CIE色適合機能によって計算された三刺激値に関連し、色動画ネガティブフィルム応答曲線の典型的なセットで計算された赤、緑及び青露出値に対する露出誤差のプロットを示す図である。

【図2 B】 1931 CIE色適合機能によって計算された三刺激値に関連し、典型的な高鮮明度ビデオカメラのために計算された赤、緑及び青露出値に対する露出誤差のプロットを示す図である。

【図3】 改良された色再生正確性を提供するための本発明に従って形成された画像捕獲装置のブロック図を示す図である。

【図4】 本発明で使用され、タングステン華氏3200度のためにバランスがとられたRGB系応答曲線のセットを示す図である。

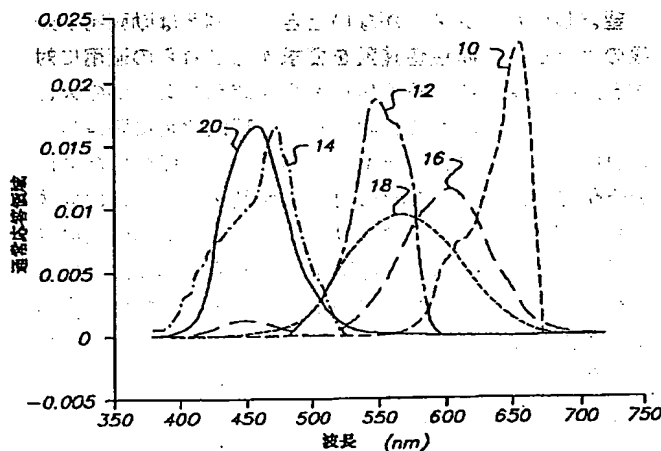
【図5】 図4に示されるスペクトル応答曲線の設計のための照準曲線として役立つ色適合機能のセットを示す図である。

【図6】 本発明による改良された色再生を示す色彩図である。

【符号の説明】

- 10 フィルム応答 (赤)
12 フィルム応答 (緑)
14 フィルム応答 (青)
16 CIE色適合機能
18 CIE色適合機能
20 CIE色適合機能
22 赤露出誤差
24 緑露出誤差
26 青露出誤差
28 +0.5停止ライン
30 -0.5停止ライン

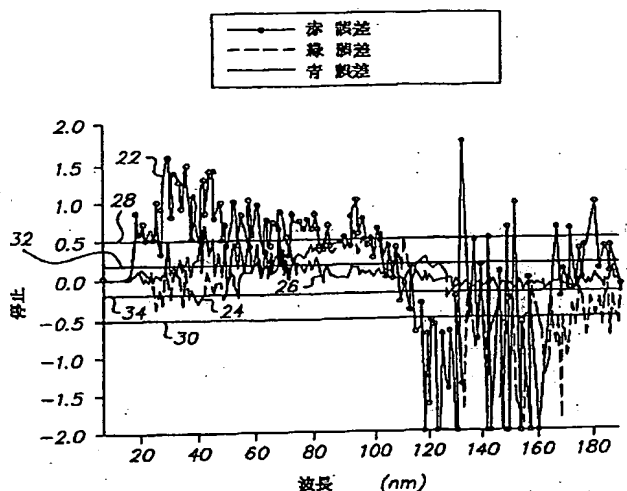
【図1】



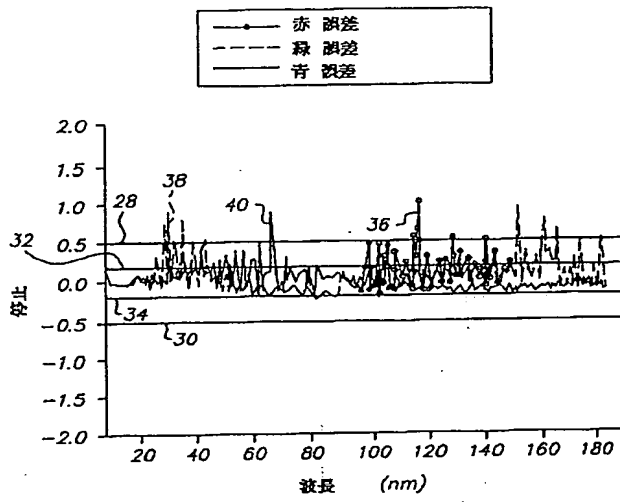
18

- 32 +1/6停止ライン
34 -1/6停止ライン
36 赤露出誤差
38 緑露出誤差
40 青露出誤差
100 電子捕獲装置
110 光学部
111 レンズ
112 光学フィルタ配列
112 a 赤外線フィルタ
112 b ブラールフィルタ
114 ビームスプリッタ
114 a 二色層
116 入射ビーム
118 色ビーム
120 色ビーム
122 色ビーム
124 光学フィルタ
126 光学フィルタ
128 光学フィルタ
130 画像センサ
132 画像センサ
134 画像センサ
136 A/D変換器
138 画像処理ユニット
140 記憶ユニット
150 青システム応答曲線
152 緑システム応答曲線
154 赤システム応答曲線
200 捕獲装置色全範囲を示す軌跡
210 純スペクトル色を示す軌跡

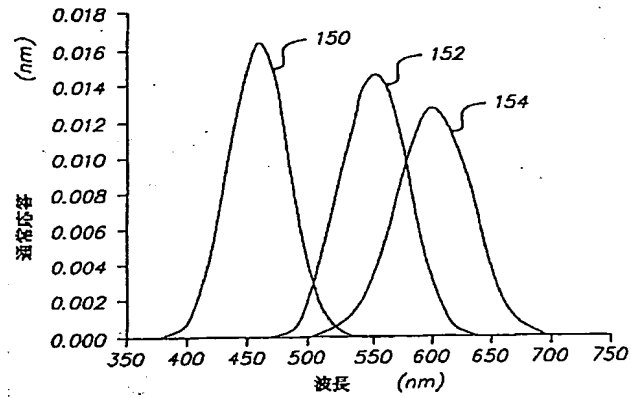
【図2 A】



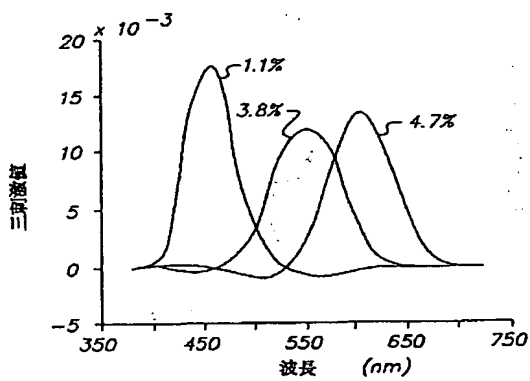
【図 2 B】



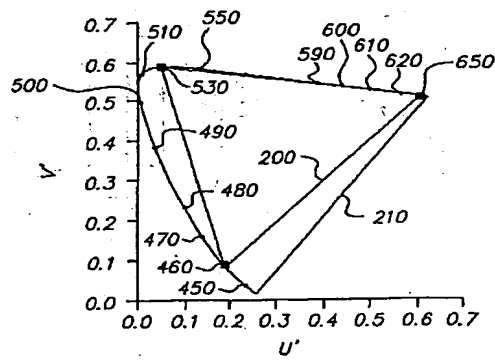
【図 4】



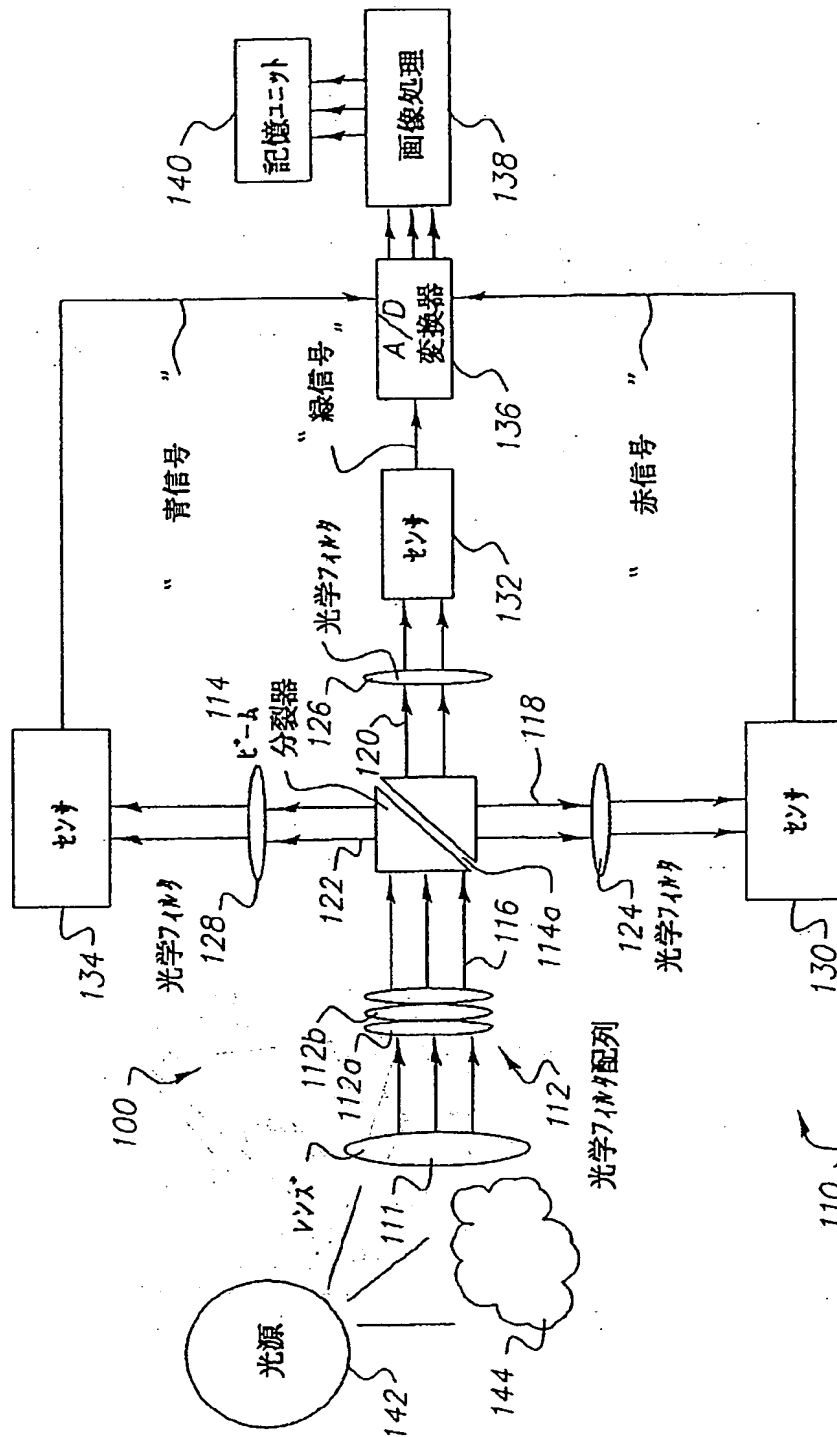
【図 5】



【図 6】



【図3】



フロントページの続き

(72) 発明者 ネストール マニエル ロドリゲス
アメリカ合衆国 ニューヨーク 14650
ロチェスター ブラッシュ・クリーク・ド
ライヴ 15

Fターム(参考) 5C065 BB01 CC01 DD02 DD19 GG18
GG26
5C066 AA01 BA01 CA08 GA01 GB01
KE04 KE19 KM02 KM05 LA02